Croissance et longévité du Watau yaike, *Tometes lebaili* (Serrasalminae), dans le bassin du Haut Maroni (Guyane française). Résultats préliminaires

par

Clara LORD (1), Yves FERMON (1), François J. MEUNIER (1)(2), Michel JÉGU (1)(3) & Philippe KEITH (1)

RÉSUMÉ. - Les vertèbres du Watau yaike, *Tometes lebaili* (Characidae, Serrasalminae), présentent des marques concentriques (zones et annuli) informatives sur la croissance des animaux. L'analyse squelettochronologique de 54 spécimens a permis d'estimer l'âge individuel de chacun d'entre eux, d'étudier leur croissance dans le milieu naturel et de préciser leur longévité. Même en l'absence d'une validation de l'hypothèse du scénario de croissance, actuellement impossible à mettre en œuvre sur le Haut Maroni, ce scénario considère que la période de croissance rapide coïncide avec la saison humide et que son ralentissement se fait pendant l'étiage. L'âge maximal atteint observé est alors de 8 à 9 ans pour une taille maximale de 512 mm (longueur standard). L'âge de la première maturité sexuelle est estimé à 3-4 ans. La courbe de croissance obtenue pour la population de *T. lebaili* du Haut Maroni doit toutefois être précisée en raison d'un échantillon trop faible en grands individus. L'impact, sur les stocks de Watau, de la pêche traditionnelle (nivrée) par les populations amérindiennes locales est discuté.

ABSTRACT. - Growth and longevity of the Watau yaike, *Tometes lebaili* (Serrasalminae), in the Upper Maroni basin (French Guyana).

The vertebrae of the Watau yaike (= Kumaru), *Tometes lebaili* (Characidae, Serrasalminae), show concentric growth marks (wide zones of active growth and thin slow growth zones or annuli) that can give information on the fish growth. The skeletochronological analysis of the vertebrae from 54 fish were used to assess the age of each individual, to study their growth in their natural environment and to estimate their longevity. The study revealed that fast growing period takes place during the wet season and that slow growth occurs during the dry season. To date, the direct validation of this annual growth scenario is not possible in the studied area. However, the results obtained are consistent with those found for *Prosomyleus rhomboidalis*, a closely related species living in French Guyana rivers. The maximum age observed for *Tometes lebaili* is between 8 and 9 years, and the maximum length is 512 mm (standard length); the age at first sexual maturity was estimated to be 3 to 4 years. The lifespan is probably underestimated and the growth curve of the population of *Tometes lebaili* in the Upper Maroni basin still has to be improved; there was an insufficient number of large individuals over 500 mm in the sample studied; however, specimens measuring around 600 mm in length were observed in another context. The impact of traditional fishery (plant poisoning) practised by the native people (Wayana) on Watau stock is discussed. At least, an interval of six years is needed between two successive traditional fishing episodes to enable adult fish to reproduce two to three times during their lifespan. This conservation measure would seem to be sufficient for a turnover of Watau yaike stock.

Key words. - Serrasalminae - *Tometes lebaili* - French Guyana - Ageing - Skeletochronology - Growth - Longevity.

Les deux espèces de kumaru récemment décrites en Guyane, *Tometes lebaili* (Jégu *et al.*, 2002) et *Myloplus planquettei* (Jégu *et al.*, 2003), communément appelées Watau par les Amérindiens Wayana, sont des piranhas herbivores. Ces deux espèces et plus particulièrement le Watau yaike (ou Watau noir), *T. lebaili*, occupent une place importante dans l'alimentation des Amérindiens Wayana du Haut-Maroni (Hurault, 1963 ; Grenand, 1996 ; Chapuis, 1998 ; Pagezy et Jégu, 2002). La pêche est pratiquée de manière artisanale et représente une grande tradition au sein des familles Wayana. Cependant, la sédentarisation des Indiens, l'augmentation des densités de population dans des périmètres plus restreints et l'évolution technologique (comme l'arrivée des moteurs hors-bord), l'accès aux soins des dispensaires et donc l'augmentation de l'espérance de vie…, ont provoqué de nouveaux besoins (Ouhoud-Renoux, 1998 ; Pagezy et Jégu, 2002). Pour y répondre, les Amérindiens Wayana ont augmenté leur effort de pêche, soit par l'introduction de nouvelles techniques de pêche, soit par l'intensification des méthodes traditionnelles, comme la pêche à la

(1) UMR 5178 - Biodiversité et dynamique des communautés aquatiques, Département des milieux et peuplements aquatiques, Muséum national d'Histoire naturelle, 43 rue Cuvier, 75231 Paris CEDEX 05, FRANCE. [meunier@mnhn.fr]

(2) UMR 7179, Mécanismes adaptatifs, Équipe squelette des vertébrés, Ostéohistologie comparée, Université P. & M. Curie-Paris 6, 4 place Jussieu, 75251 Paris CEDEX 05, FRANCE.

(3) Antenne IRD, ULRA CP 2352, Cochabamba, BOLIVIE.

nivrée, un poison végétal (Pagezy et Jégu, 2004) ce qui, à terme, pourrait entraîner une raréfaction rapide de la ressource. En effet, la pression de pêche sur les Watau ne cesse d'augmenter (Jégu et Pagezy, 1999) aussi bien en raison du changement du mode de vie des Wayana que des modifications du milieu induites par les activités d'orpaillage (Taubira-Delanon, 2000), notamment sur les sites à Podostemaceae (les sauts où prolifèrent ces plantes aquatiques), nourriture principale des Watau. Cette pression va continuer à progresser dans la mesure où la contamination par le mercure d'autres espèces ichtyennes importantes (grands prédateurs comme l'Aïmara) (Fréry *et al.*, 1999 ; Durrieu *et al.*, 2005) obligera les populations locales à reporter leurs efforts de captures sur des espèces moins contaminées comme les Watau (*Tometes lebaili* et *Myloplus planquettei*) et les Asitau (*Prosomyleus rhomboidalis*). En effet, ces espèces, de par leur régime alimentaire principalement herbivore, se situent dans une position basse de la chaîne alimentaire, les concentrations en méthyl-mercure de leurs organes y sont donc significativement plus faibles que pour des espèces carnivores (Fréry *et al.*, 2001) ou benthivores (Dominique *et al.*, 2007) chez lesquelles cette concentration ne cesse d'augmenter à chaque nouvel échelon de prédation.

Du fait de la découverte récente du Watau yaike par les scientifiques (Jégu *et al.*, 2002), on connaît très peu de choses sur la biologie de ces poissons. La pérennité de ces espèces pouvant être menacée, il était indispensable de chercher à connaître leurs principales caractéristiques biologiques et plus particulièrement leur longévité, leur âge de première reproduction et les modalités de leur croissance dans le milieu naturel avant de prendre, éventuellement, des dispositions conservatoires pour la gestion des stocks (Meunier *et al.*, 1998). Le décryptage de la croissance squelettique par des approches squelettochronologiques est une méthode appropriée pour obtenir de telles données biologiques (Meunier, 1988 ; Castanet *et al.*, 1992 ; Panfili *et al.*, 2002). Le présent texte donne un certain nombre de résultats préliminaires issus d'une telle approche.

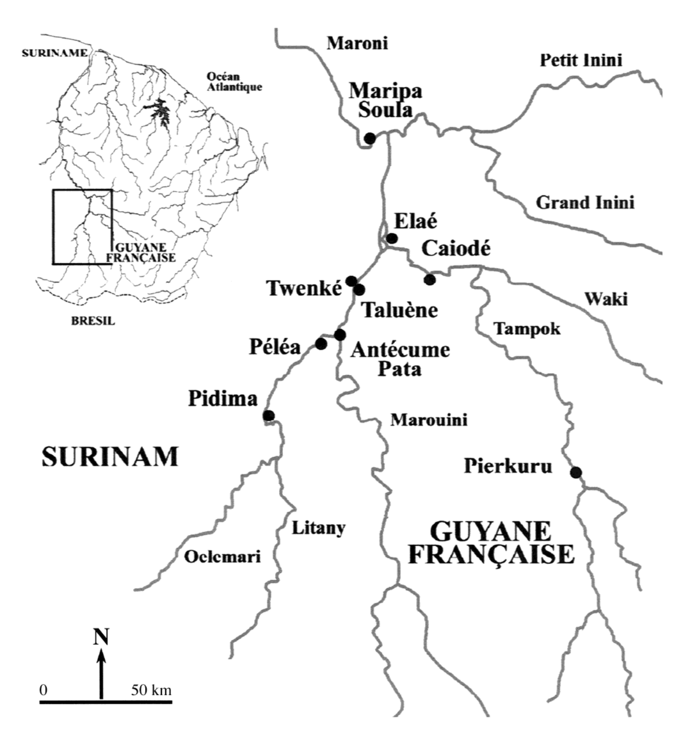


Figure 1. - Carte de la région d'Antecume Pata. *[Map of the region of Antecume Pata.]*

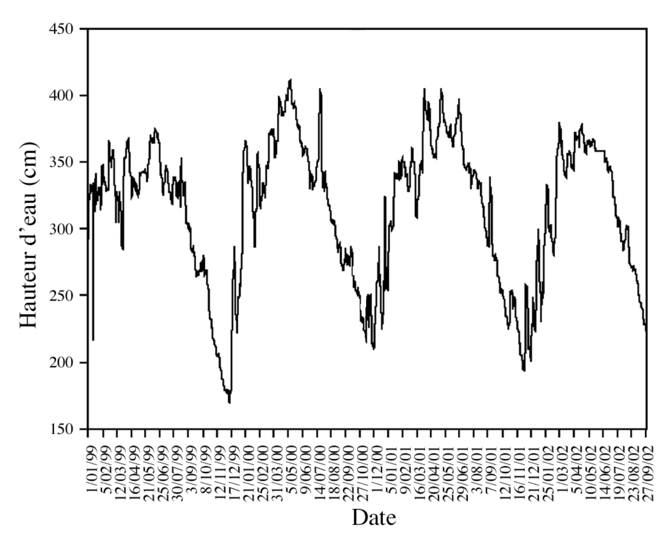


Figure 2. - Relevé des hauteurs d'eau du fleuve à Antecume Pata, sur quatre années consécutives (Données A. Cognat). *[River gauge of Antecume Pata over four consecutive years (A. Cognat data).]*

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les 54 spécimens utilisés dans cette étude ont été récoltés dans la région d'Antecume Pata (Fig. 1), village amérindien situé sur une île à la confluence des fleuves Litany et Marouini, à plusieurs centaines de kilomètres de l'estuaire du Maroni. Cinq campagnes de terrain de 2 à 3 semaines (M1-M5) ont été menées pendant les années 2001 et 2002 :

M1. Fin mars-début avril 2001, échantillonnage en début de saison des pluies (hautes eaux) (10 spécimens).

M2. 1e quinzaine, juin 2001, échantillonnage en fin de saison des pluies (8 spécimens).

M3. Mi-décembre 2001, échantillonnage en saison sèche (basses eaux) (23 spécimens).

M4. Fin mars 2002, échantillonnage en début de saison des pluies (2 spécimens).

M5. Fin octobre-début novembre 2002, échantillonnage

Tableau I - Liste des 54 spécimens de *Tometes lebaili* et estimation de l'âge (nombre d'années). *[Listing and age estimation of the 54 specimens of* Tometes lebaili.*]*

Numéro du spécimen	Longueur standard	Nombre d'annuli	Longueur standard moyenne
2001-2356	119 mm	0	96,0 mm
2003-0036	84 mm	0	
2003-0038	85 mm	0	
2003-0034	82 mm	1	125,1 mm
2001-2350	127 mm	1	
2002-912	146 mm	1	
2002-915	156 mm	1	
2003-0025	132 mm	1	
2003-0027	105 mm	1	
2003-0028	136 mm	1	
2003-0029	117 mm	1	
2003-0030	123 mm	1	
2003-0031	105 mm	1	
2003-0032	131 mm	1	
2003-0033	125 mm	1	
2002-911	143 mm	1	
2002-917	123 mm	1	
2002-916	187 mm	2	212,6 mm
2002-919	184 mm	2	
2001-2355	215 mm	2	
2001-2357	200 mm	2	
2002-0913	234 mm	2	
2002-0914	227 mm	2	
2002-922	235 mm	2	
2002-918	219 mm	2	
2002-932	257 mm	3	243,2 mm
2001-1216	249 mm	3	
2002-910	235 mm	3	
2002-921	224 mm	3	
2002-927	232 mm	3	
2002-929	242 mm	3	
2002-930	263 mm	3	
2001-2353	290 mm	4	278,1 mm
2001-1207	266 mm	4	
2001-1228	329 mm	4	
2002-923	238 mm	4	
2002-925	247 mm	4	
2002-928	280 mm	4	
2002-931	297 mm	4	
2001-1206	315 mm	5	336,3 mm
2001-1220	369 mm	5	
2001-1218	328 mm	5	
2001-1208	373 mm	5	
2002-920	345 mm	5	
2002-0818	288 mm	5	
2001-2348	424 mm	6	385,0 mm
2001-2349	370 mm	6	
2001-1222	416 mm	6	
2002-926	330 mm	6	
2001-2347	478 mm	7	420,5 mm
2001-1229	430 mm	7	
2002-924	384 mm	7	
2002-817	390 mm	7	
2001-1223	512 mm	8	

en saison sèche (11 spécimens).

Les poissons ont été capturés à l'aide de filets et à la ligne. Après capture, ils ont été pesés, mesurés, éviscérés, formolés (2 à 3 semaines) puis transférés et conservés dans l'alcool dès le retour au laboratoire (Tab. I). Les prélèvements des pièces squelettiques pour les analyses de l'âge individuel ont été faits au laboratoire après le transport des poissons au Muséum national d'Histoire naturelle où ils sont actuellement conservés.

Pour apprécier la saisonnalité du régime des pluies, nous avons utilisé les relevés du niveau d'eau du fleuve, effectués par M. André Cognat (membre de la communauté Wayana et correspondant de l'IRD sur le Haut-Maroni) à Antecume Pata (Fig. 2). Dans la région guyanaise du Haut Maroni, il existe une alternance annuelle saison sèche (août/septembre - janvier), saison humide ou saison des pluies (février - juin/juillet).

Une étude sclérochronologique préalable comparative effectuée sur trois types d'organes, écailles, operculaires et vertèbres, a montré que seules ces dernières donnaient des

résultats cohérents chez le Watau yaike. Pour ce qui concerne les écailles, un trop grand nombre d'entre elles ont montré des indices de régénération pour permettre une étude de l'âge par scalimétrie. Quant aux operculaires, ils présentaient systématiquement, chez les grands spécimens, des phénomènes de remaniement osseux qui font disparaître tout ou partie des marques de croissance les plus anciennes. Nos observations nous ont montré que les vertèbres n'étaient pas soumises à un remaniement osseux et que les cernes de croissance avaient un assez bon contraste. Les otolithes n'ont pas été prélevés car d'accès difficile sur des poissons de collection que nous ne souhaitions pas endommager de façon irréversible.

Nous avons donc prélevé, sur l'ensemble des Watau rapportés au laboratoire, 3 à 4 vertèbres du pédoncule caudal. Les prélèvements ont été effectués sur des poissons de taille supérieure à 50 mm de longueur standard (LS). Pour les tailles inférieures, les animaux étaient trop fragiles pour effectuer le prélèvement des vertèbres.

Les vertèbres ont été ébouillantées et débarrassées des

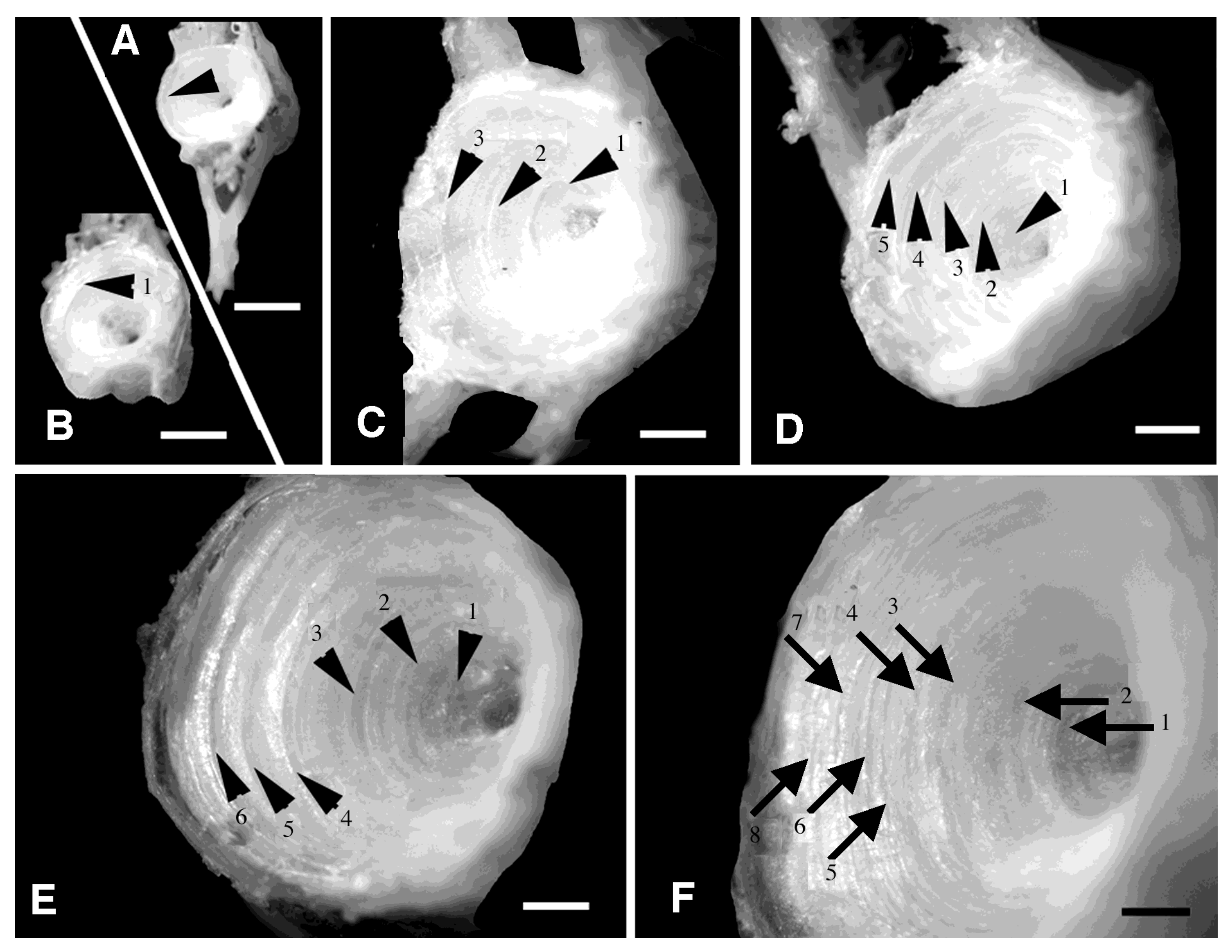


Figure 3. - Vertèbres de *Tometes lebaili* observées en lumière réfléchie sur fond noir. Les têtes de flèches indiquent les annuli. **A** : Spécimen MNHN 2003-34 (82 mm LS) ; annulus en bordure de la vertèbre (flèche) ; **B** : Spécimen MNHN 2003-31 (105 mm LS) ; annulus éloigné du bord de la vertèbre, la croissance osseuse a nettement repris ; **C** : Spécimen MNHN 2002-929 (242 mm LS) ; trois annuli sont visibles, le dernier loin du bord, le 4e probablement en cours de formation ; **D** : Spécimen MNHN 2002-818 (288 mm LS) ; dernier des cinq annuli assez proche du bord de la vertèbre ; il existe un net resserrement des zones de croissance active après le 3e annulus ; **E** : Spécimen 2001-1222 (416 mm LS) ; six annuli présents, le dernier loin du bord de la vertèbre ; il existe un net resserrement des zones de croissance active après le 4e annulus ; **F** : Spécimen 2001-1223 (512 mm LS) ; décryptage des huit annuli assez difficile par suite d'un contraste faible et du dédoublement de certains d'entre eux ; le huitième est loin du bord de la vertèbre. (échelle = 1 mm). *[*Tometes lebaili *vertebrae observed in reflected light on dark background. Arrow heads point to annuli.* ***A****: One annulus is present and located at the vertebra margin (arrow);* ***B****: The only annulus is far away from the vertebra margin; bone growth has clearly resumed;* ***C****: Three annuli are present, the last one being far away from the vertebra margin; a 4th annulus is certainly going to settle;* ***D****: Five annuli are present, the last one is close to the vertebra margin; the growth zones are narrow after the third annulus;* ***E****: Six annuli are seen, the last one being far from the vertebra margin; there is an accurate narrowing of the growth zones after the 4th annulus;* ***F****: The determination of the eighth annuli was difficult due to weak contrast and/or the splitting in two rings; the 8th annulus is far from the vertebra margin. (Scale bar = 1 mm).]*

chairs qui entourent le corps osseux ; elles ont été ensuite séchées et conservées dans un sachet. L'observation des vertèbres a été faite sous la loupe, en lumière réfléchie sur fond noir. Nous avons d'abord fait nos observations à sec, puis dans l'alcool glycériné (80 volumes d'alcool 80° + 20 volumes de glycérol) et/ou dans de l'essence de romarin. Chacun des deux milieux liquides a amélioré le contraste entre les différentes marques de croissance sur la surface interne des cônes vertébraux. Nous avons toutefois remarqué que le passage dans l'essence de romarin permettait de conserver, ensuite, une bonne lisibilité à sec des vertèbres pendant plusieurs semaines. Chaque pièce vertébrale a été observée, séparément et en aveugle, par deux observateurs. Les résultats ont ensuite été confrontés et discutés sans prendre connaissance des paramètres de taille, sexe et date de capture afin d'apprécier objectivement les caractéristiques histo-morphométriques du matériel osseux et des marques de croissance : nature des marques et leurs différents espacements, décryptage du nombre de marques de croissance et de leur position relative par rapport à la marge du cône vertébral. Dans un dernier temps, les deux observateurs ont introduit les autres facteurs à leur disposition (LS, date de capture, sexe) pour proposer un chiffrage de l'âge de chaque spécimen puis un modèle de scénario de croissance des Watau sur le Haut Maroni, en relation avec la chronologie des cycles saisonniers.

RÉSULTATS

Nos observations ont confirmé l'existence de marques de croissance concentriques sur la surface interne des cônes vertébraux. Ceux-ci montrent une alternance de couches étroites et transparentes aux rayons lumineux (aspect sombre en lumière réfléchie sur fond noir) et de couches nettement plus larges et opaques aux rayons lumineux (couleur blanche sur fond noir). Les premières, étroites et sombres, sont des annuli qui traduisent des périodes de croissance ralentie ; les secondes ou "zones" sont des couches larges qui correspondent aux périodes de croissance active (Fig. 3). La lecture des vertèbres a toutefois été compliquée par la présence, au cœur du cône vertébral, c'est-à-dire avant le dépôt du premier annulus, d'un tissu osseux légèrement transparent montrant souvent plusieurs lignes fines et concentriques, en général assez proches les unes des autres. Nous n'avons pas interprété ces lignes comme des marques de croissance cycliques annuelles (voir discussion). Une autre difficulté de lecture provenait du fait que certaines marques se dédoublent, ou sont très rapprochées et peuvent être comptées pour 1 ou 2 annuli. Dans certains cas complexes, nous avons donc pu aboutir à une sous-estimation de l'âge individuel des individus (Fig. 3F). Nous avons effectivement compté les annuli dédoublés comme étant un seul annulus dans la mesure où l'espace séparant ces deux marques rapprochées était très nettement inférieur à celui de l'une des zones de croissance active voisines.

L'analyse de l'ensemble des échantillons a montré que le nombre de marques de croissance augmente avec la taille des vertèbres donc avec celle des animaux (Tab. I ; Fig. 3). De plus, il existe une relation entre la localisation du dernier annulus par rapport au bord du centrum vertébral et la saison de capture des poissons. Chez les poissons capturés en saison humide, le dernier annulus est en moyenne localisé à un demi intervalle du bord de la vertèbre (missions 1 et 4, première partie de la saison des pluies) ou assez loin du bord, soit près de l'équivalent d'un intervalle (mission 2, fin de saison des pluies). Ceci indique une reprise de la croissance respectivement récente (Fig. 3D) et avancée (Fig. 3E). Pour les animaux des missions M3 et M5, capturés en saison sèche, nombre d'entre eux montrent un annulus en bordure du cône vertébral (Fig. 3A) alors que pour d'autres il en est très éloigné , sans doute en cours de dépôt (Fig. 3C) ; c'est alors une reprise de la croissance qui peut permettre de bien le mettre en évidence. Les annuli semblent bien se former en période de basses eaux donc en saison sèche alors que les "zones" apparaissent synchrones des hautes eaux. Le nombre maximum d'annuli observés sur un spécimen est de 8 pour une taille de 512 mm LS.

Les observations précédentes ont donc permis de proposer l'hypothèse suivante comme scénario de croissance: l'association d'une "zone" et d'un annulus correspond aux dépôts osseux d'un cycle annuel complet ; le dénombrement des annuli permet alors d'évaluer un âge individuel absolu pour chaque animal et de proposer une courbe de croissance observée (Fig. 4). La croissance de *Tometes lebaili* est linéaire jusqu'à huit ans ce qui est l'âge maximal estimé

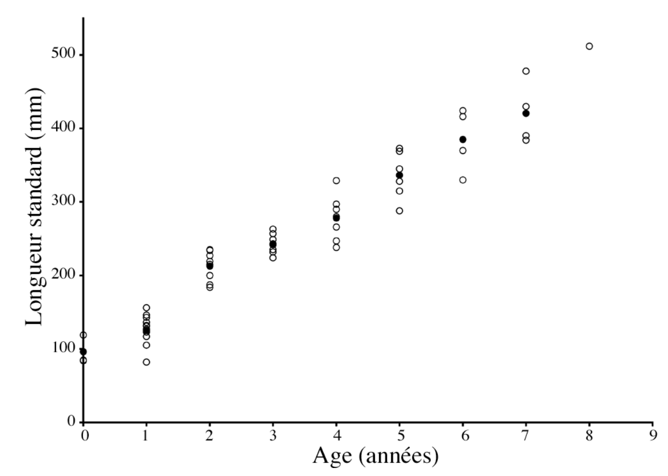


Figure 4. - Courbe de croissance observée ; cercles creux : valeurs individuelles ; cercles noirs : valeurs moyennes. *[Growth curve; hollow circles: individual values; black circles: mean values.]*

dans l'échantillon ; nous n'avons pas observé d'inflexion de cette croissance sur l'échantillon étudié.

Une autre remarque importante doit être faite sur les animaux ayant au moins 4 annuli et plus. Nous avons observé un net resserrement des annuli après le 3e ou parfois après le 4e ; l'intervalle de croissance osseuse de toutes les zones suivantes devient alors plus étroit. Ceci est la traduction histologique osseuse de l'acquisition de la première maturité génitale qui aurait donc lieu, chez le Watau, au cours de la 4e année de vie, au plus tard au cours de la 5e (voir discussion).

DISCUSSION

Les vertèbres de *Tometes lebaili* se sont avérées être un assez bon support d'informations squelettochronologiques avec des marques de croissance cyclique (zones et annuli) typiques. Les zones correspondent à la croissance active pendant la saison des pluies et les annuli signent un ralentissement, voire un arrêt de la croissance, pendant la saison sèche. La mise en place des zones de croissance active pendant la saison humide est tout à fait cohérente avec le régime alimentaire des Watau. C'est en effet en saison des pluies que les Podostemaceae se développent, tout particulièrement leurs larges feuilles qui recouvrent les rochers au niveau des sauts (Pagézy et Jégu, 2002) ; elles deviennent alors accessibles aux Watau qui s'en nourrissent abondamment et exclusivement (Meunier *et al.*, 2004). Les animaux sont alors nombreux dans les rapides. Nous n'avons pas interprété les fines lignes concentriques observées dans le cœur du cône vertébral comme des marques de croissance cycliques mais plutôt comme des témoignages de mouvements de migration entre les zones d'éclosion des animaux (probablement dans les sous-bois inondés) et les secteurs d'installation dans les rapides. Ce phénomène rappelle les marques de croissance d'installation des larves du Bec de canne, *Lethrinus nebulosus*, lors de leur migration vers le lagon où cette espèce effectue sa croissance (Meunier *et al.*, 1979).

Le décryptage des zones et annuli nous a conduits à l'hypothèse d'un seul cycle annuel de croissance, synchronisé par l'alternance saison sèche - saison des pluies, pour cette espèce du Haut Maroni. Un résultat similaire a été obtenu pour l'Atipa, *Hoplosternum littorale*, du Marais de Kaw (Meunier *et al.*, 2002) alors que pour d'autres espèces (*Leporinus friderici* et différents Ariidae) vivant dans des secteurs présentant un régime annuel de pluies et de sécheresses double, ce sont deux cycles saisonniers annuels qui ont été observés (Lecomte *et al.*, 1985, 1993b ; Meunier *et al.*, 1997).

Toute étude squelettochronologique effectuée pour reconstituer la courbe de croissance d'une espèce dans son milieu naturel, ainsi que l'élaboration de sa longévité, nécessite une validation du scénario de croissance décrypté à partir de l'analyse des marques (Beamish et McFarlane, 1983 ; Campana, 2001 ; Panfili *et al.*, 2002). La meilleure méthode pour effectuer cette validation est la technique de "capture-marquage osseux par fluorochromes-recapture" notamment à l'aide des marqueurs fluorescents des tissus calcifiés (*ibid.*). Malheureusement, la validation du scénario de croissance en milieu naturel, recommandée par ces auteurs, est difficile pour *T. lebaili*, sinon impossible, car la technique de "capture-marquage-recapture" est peu réalisable en Guyane (Meunier *et al.*, 1997 ; Meunier et Boujard, 2001) à l'heure actuelle, compte tenu des particularités hydrologiques du bassin du Haut Maroni et du coût d'une telle expérimentation, notamment dans le secteur d'Antecume Pata où le fleuve se partage en un grand nombre de bras enserrant de nombreuses îles. Il semble effectivement peu réaliste de pouvoir récupérer des spécimens vivants préalablement marqués, compte tenu de l'immensité du milieu et des possibilités de dispersion des animaux dans le fleuve, comme cela a pu être fait ailleurs pour d'autres espèces : exemple de l'anguille européenne, *Anguilla anguilla*, dans le Rhin alsacien (Alcobendas *et al.*, 1991, 1992 ; Meunier, 1995). Dans ces conditions, des moyens de validation indirecte (échantillonnages réguliers) ont été tentés mais la faiblesse des effectifs en limite quelque peu la portée. Les prélèvements ont été étalés sur l'ensemble du cycle annuel mais avec seulement quatre périodes de pêche. Par ailleurs, l'analyse simultanée de plusieurs pièces squelettiques (Panfili *et al.*, 2002) s'est également avérée inutilisable pour conforter les résultats de l'étude des vertèbres. Les écailles n'ont malheureusement pas pu être exploitées pour l'estimation de l'âge individuel des poissons ; elles étaient pratiquement toutes régénérées, ce qui induisait une sous-estimation de l'âge. Pour ce qui concerne les operculaires, le développement de résorptions osseuses importantes a contribué, également, à faire disparaître une bonne partie de l'information sclérochronologique.

En attendant une validation du scénario de croissance proposé avec l'approche squelettochronologique, les données observées semblent cohérentes avec, d'une part, les diverses observations faites sur le terrain, et, d'autre part, avec les résultats trouvés dans la littérature pour des espèces voisines (Loubens et Panfili, 1997), notamment deux autres Serrasalminae très proches, *Piaractus brachypomus* (Loubens et Panfili, 2001) et *Prosomyleus rhomboidalis* (Lecomte *et al.*, 1993a). Les vitesses de croissance chez ces différentes espèces sont assez proches.

Le modèle de Von Bertalanffy, utilisé pour modéliser la croissance de *Tometes lebaili* dans son milieu naturel (le Haut Maroni), est ajusté aux données dans la gamme de taille étudiée malgré une valeur de $L\infty$ très élevée (taille maximale de 1,40 m pour un âge d'environ 80 ans) (Fig. 5).

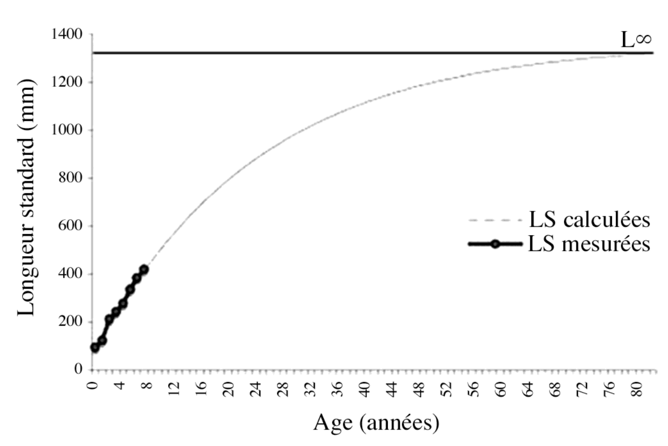


Figure 5. - Modélisation de la croissance de *Tometes lebaili* par le modèle de Von Bertalanffy. *[Modelisation of the growth curve for* Tometes lebaili *using Von Bertalanffy model.]*

Rien ne permet d'affirmer que la taille maximale atteinte par les individus, dans le milieu naturel, corresponde à L∞ : les poissons peuvent très bien suivre une courbe de croissance conforme au modèle de Von Bertalanffy, mais grandir pendant toute leur vie et mourir avant d'avoir atteint cette valeur théorique qui correspond à une longueur asymptotique. Plusieurs hypothèses peuvent être proposées pour comprendre les difficultés liées à la modélisation de la croissance du Watau. Tout d'abord, l'échantillon à notre disposition avait probablement un effectif trop faible pour donner une image théorique correcte de la croissance. Mais surtout, au vu du nombre réduit de gros animaux, il manquait au moins une ou plusieurs classes de tailles supérieures. En effet, des gros spécimens faisant au moins 60 cm de longueur standard ont été observés en Guyane (Jégu et Keith, obs. pers.) ; mais lors des cinq missions d'échantillonnage de la présente étude, de tels animaux ont été gardés par les indiens Wayana pour leur consommation car ils constituent une ressource alimentaire de grande valeur patrimoniale pour eux (Pagézy et Jégu, 2002 ; Meunier 2004).

Des poissons, de taille supérieure aux 512 mm LS de notre plus grand spécimen, auraient très probablement permis de voir le point d'inflexion de la courbe de croissance ; les paramètres du modèle de Von Bertalanffy auraient alors montré des valeurs beaucoup plus réalistes.

Le resserrement marqué des annuli après plusieurs années de vie est un phénomène qui a été décrit et étudié chez divers vertébrés poïkilothermes, notamment chez les Reptiles (Castanet, 1985 ; Castanet et Naulleau, 1985) ; ce phénomène est interprété comme la marque de la première maturation génitale (Castanet *et al.*, 1977 ; Meunier *et al.*, 1979 ; Castanet *et al.*, 1992). Cette diminution de l'épaisseur de la zone de croissance active est la conséquence du détournement d'une partie des métabolites au profit de la formation des gamètes (Castanet *et al.*, 1992). L'acquisition de la première maturation génitale lors de la quatrième à cinquième année de vie chez le Watau montre qu'avec une longévité d'au moins 8 ans (longévité quelque peu sous-évaluée comme nous venons de le voir), les animaux peuvent participer au moins à 4 à 5 reproductions dans un milieu indemne de toute activité de pêche. En revanche, dans le cadre d'une répétition de grandes pêches à la nivrée (pêche au poison végétal), impliquant de nombreux équipages (exemple de la grande nivrée à Saut Pierkuru en Octobre 2002 ; Meunier, 2004), un intervalle d'au moins 6 années, entre deux interventions dans le même secteur, semble un délai minimum à respecter pour avoir une reproduction suffisante (soit 2 à 3 reproductions) des géniteurs et, ainsi, d'assurer le maintien des stocks de Watau.

Il ressort, également, de nos observations sur le terrain que *Tometes lebaili* se reproduit probablement en saison humide, lorsque les eaux envahissent les sous-bois, comme beaucoup d'autres espèces ichtyennes guyanaises : de nombreux Characiformes tels les genres *Curimata* et *Leporinus* (Ponton et Tito de Morais, 1997), divers Siluriformes tel l'Atipa, *Hoplosternum littorale* (Hostache *et al.*, 1993 ; Pascal *et al.*, 1994 ; Mol, 1996) ou le Gymnotiforme *Eigenmannia virescens* (Kirschbaum, 1979). Effectivement, nous avons capturé quelques juvéniles de petite taille dans les sous-bois inondés.

CONCLUSION

Malgré les difficultés inhérentes au matériel ichtyologique vivant dans un milieu de type forestier tropical humide peu anthropisé, de premières données biologiques intéressantes (longévité, âge à la première maturation génitale, croissance dans le milieu naturel) ont pu être extraites de l'analyse sclérochronologique des vertèbres du Watau yaike. Ces résultats devront toutefois être confortés par de nouvelles études in situ, si possible avec des procédures de validation. Cependant, combinées aux autres données et observations écologiques et biologiques de terrain, les résultats du présent travail permettent de mieux appréhender l'impact des différents modes de pêche sur les populations de Watau et, à terme, d'envisager une gestion des stocks de Watau par les amérindiens Wayana eux-mêmes.

Remerciements. - Les auteurs remercient les indiens Wayana pour l'aide efficace qu'ils leur ont apportée pour mener à bien les campagnes de terrain. Ils sont reconnaissants à André Cognat pour ses relevés hydrologiques réguliers, ses encouragements et son rôle déterminant pour intéresser l'ensemble des villageois d'Antecume Pata à nos activités scientifiques. Plusieurs personnes ont prêté leur concours gracieux lors de l'une ou l'autre des missions de pêche : Agnès Dettaï, Amel Bendib, Hélène Pagézy, Frédéric Busson, Rémi Ksas, Jean-Luc Sanchez, Antoine Séva, Armand Printz, Robert David, Walter Deproost, Philippe Hotton, Franck Jérot,

Richard Commergnat, Yann, Lanaki, Tapinkili, Boum-Boum, Kuyat, Lisa et Abdou Karando, Philippe Gaucher, Claudie Bidaud ; qu'ils soient, également tous, chaleureusement remerciés.

RÉFÉRENCES

ALCOBENDAS M., LECOMTE F., CASTANET J. & F.J. MEUNIER, 1991. - Marquage vital en masse chez l'anguille. *Bull. Fr. Pêche Pisc*., 321: 43-54.

ALCOBENDAS M., LECOMTE F., FRANCILLON-VIEILLOT H., CASTANET J. & F.J. MEUNIER, 1992. - Marquage vital en masse chez l'anguille *Anguilla anguilla* à l'aide d'une technique de balnéation rapide. *In*: Tissus durs et Âge individuel des Vertébrés (Baglinière J.-L., Castanet J., Conand F. & F.J. Meunier, eds), pp. 93-102. Colloques et Séminaires, ORSTOM-INRA.

BEAMISH R.J. & G.A. MCFARLANE, 1983. - The forgotten requirent for age validation in fisheries biology. *Trans. Am. Fish. Soc*., 112: 735-743.

CAMPANA S.E., 2001. - Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. *J. Fish Biol*., 59: 197-242.

CASTANET J., 1985. - La squelettochronologie chez les reptiles. I. Etude expérimentale de la croissance chez les Lézards et les Tortues. *Ann. Sci. Nat., Zool*., 13e série, 7: 23-40.

CASTANET J. & J. NAULLEAU, 1985. - La squelettochronologie chez les reptiles. II. Vérification expérimentale des critères d'âge et remarques sur la croissance et la longévité d'un Ophidien *Vipera aspis*. *Ann. Sci. Nat., Zool*., 13e série, 7: 41-62.

CASTANET J., MEUNIER F.J. & A. DE RICQLÈS, 1977. - L'enregistrement de la croissance cyclique par le tissu osseux chez les Vertébrés poïkilothermes : données comparatives et essai de synthèse. *Bull. Biol. Fr. Belg*., 111: 183-202.

CASTANET J., FRANCILLON-VIEILLOT H. & F.J. MEUNIER, 1992. - La squelettochronologie à partir des tissus osseux et dentaires des Vertébrés. *In*: Tissus durs et Âge individuel des Vertébrés (Baglinière J.L., Castanet J., Conand F. & F.J. Meunier, eds), pp. 257-280. Colloques et Séminaires, ORSTOM-INRA.

CHAPUIS J., 1998. - La personne Wayana entre sang et ciel. Thèse de Doctorat, 1006 p. Université d'Aix Marseille III.

DOMINIQUE Y., MAURY-BRACHET R., MURESAN B., VIGOUROUX R., RICHARD S., COSSA D., MARIOTTI A. & A. BOUDOU, 2007. - Biofilm and mercury availability as key factors for mercury accumulation in fish (*Curimata cyprinoides*) from a disturbed Amazonian freshwater system. *Environ. Toxicol. Chem*., 26(1): 45-52.

DURRIEU G., MAURY-BRACHET R. & A. BOUDOU, 2005. - Gold mining and mercury contamination of the piscivorous fish *Hoplias aimara* in French Guiana (Amazon basin). *Ecotox. Environ. Safety*, 60: 315-323.

FRÉRY N., MAILLOT E. & M. DEHEEGER, 1999. - Exposition au mercure de la population Amérindienne Wayana de Guyane. Enquête alimentaire. Institut de veille sanitaire, juin 1999, 82 p.

FRÉRY N., MAURY-BRACHET R., MAILLOT E., DEHEEGER M., DE MÉRONA B. & A. BOUDOU, 2001. - Gold-mining activities and mercury contamination of native Amerindian communities in French Guiana: Key role of fish in dietary Uptake. *Environ. Health Perspect*., 109(5): 449-456.

GRENAND P., 1996. - Des fruits, des animaux et des hommes. Stratégies de la chasse et de la pêche chez les Wayãpi d'Amazonie. *In*: L'Alimentation en Forêt tropicale : Interactions bioculturelles et Applications au Développement (Hladik C.M. *et al*., eds), pp. 671-684. UNESCO/MAB, collection Man and Biosphere.

HOSTACHE G., PASCAL M. & P. PLANQUETTE, 1993. - Saisonnalité de la reproduction chez l'atipa, *Hoplosternum littorale* (Siluriforme, Teleostei), par l'analyse de l'évolution du rapport gonado-somatique. *Aquat. Liv. Resour*., 6: 155-162.

HURAULT J., 1963. - Chasse et pêche chez les populations d'origine africaine en Guyane. *Bois For. Trop*., 87: 3-8.

JÉGU M. & H. PAGEZY, 1999. - Ecologie des kumaru et étude d'une production traditionnelle des hauts cours des fleuves guyanais. Rapport de fin de contrat. Convention IRD-ECOFOR n° 2350, 67 p.

JÉGU M., KEITH P. & E. BELMONT-JÉGU, 2002. - Une nouvelle espèce de *Tometes* (Teleostei: Characidae: Serrasalminae) du bouclier guyanais, *T. lebaili* n. sp. *Bull. Fr. Pêche Pisc*., 364: 23-48.

JÉGU M., KEITH P. & P.Y. LE BAIL, 2003. - *Myloplus planquettei* n. sp. (Teleostei, Characidae), une nouvelle espèce de grand Serrasalminae phytophage du bouclier Guyanais. *Rev. Suis. Zool*., 110(4): 823-853.

KIRSCHBAUM F., 1979. - Reproduction of the weakly electric fish *Eigenmannia virescens* (Rhamphichthyidae, Teleostei) in captivity. I. Control of gonadal recrudescence and regression by environmental factors. *Behav. Ecol. Sociobiol*., 4: 331-355.

LECOMTE F., MEUNIER F.J. & R. ROJAS-BELTRAN, 1985. - Mise en évidence d'un double cycle de croissance annuel chez un Silure de Guyane, *Arius couma* (Val., 1839) (Teleostei, Siluriforme, Ariidae) à partir de l'étude squelettochronologique des épines de nageoires. *C. R. Acad. Sci., Paris*, 300: 181-184.

LECOMTE F., BOUJARD T., MEUNIER F.J., RENNO J.F. & R. ROJAS-BELTRAN, 1993a. - The growth of *Myleus rhomboidalis* (Cuvier, 1817) (Characiformes, Serrasalmidae) in two rivers of French Guiana. *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, 48: 431-444.

LECOMTE F., MEUNIER F.J. & R. ROJAS-BELTRAN, 1993b. - Some data on the growth of *Arius proops* (Ariidae, Siluriforme) in the estuaries of French Guyana. *Aquat. Liv. Resour*., 2: 63-68.

LOUBENS G. & J. PANFILI, 1997. - Biologie de *Colossoma macropomum* (Teleostei: Serrasalmidae) dans le bassin de Mamoré (Amazonie bolivienne). *Ichthyol. Explor. Freshw*., 8(1): 1-22.

LOUBENS G. & J. PANFILI, 2001. - Biologie de *Piaractus brachypomus* (Teleostei: Serrasalmidae) dans le bassin de Mamoré (Amazonie bolivienne). *Ichthyol. Explor. Freshw*., 12(1): 51-64.

MEUNIER F.J., 1988. - Détermination de l'âge individuel chez les Ostéichthyiens à l'aide de la squelettochronologie : historique et méthodologie. *Acta Oecolog., Oecol. Gener*., 9: 299-329.

MEUNIER F.J., 1995. - Données sur la croissance de l'anguille (*Anguilla anguilla* L.) dans le cours moyen du Rhin, région alsacienne. *Bull. Fr. Pêche Pisc*., 335: 133-144.

MEUNIER F.J. (coord), 2004. - Piranhas enivrés, des poissons et des hommes en Guyane. 128 p. Paris: SFI/RMN.

MEUNIER F.J. & T. BOUJARD, 2001. - Fishes of the Arataye River and their spatio-temporal organization. *In*: Nouragues. Dynamics and Plant-Animal Interactions in a Neotropical Rainforest (Bongers F., Charles-Dominique P., Forget P.M. & M. Théry, eds), pp. 185-189. The Netherlands: Kluwer Acad. Publ.

MEUNIER F.J., PASCAL M. & G. LOUBENS, 1979. - Comparaison des méthodes squelettochronologiques et considérations fonctionnelles sur les tissus osseux acellulaires d'un ostéichthyen du lagon Néo-Calédonien. *Aquaculture*, 17: 137-157.

MEUNIER F.J., ROJAS-BELTRAN R., BOUJARD T. & F. LECOMTE, 1997. - Rythmes saisonniers de la croissance chez quelques Téléostéens de Guyane française. (ORSTOM-EDF). *Rev. Hydrobiol. Trop.*, 27(4): 423-440 (1994).

MEUNIER F.J., KEITH P. & P.-Y. LE BAIL, 1998. - Conserver les spécificités de l'ichthyofaune guyanaise. *JATBA, Rev. Ethno - biol.*, 40(1-2): 239-259.

MEUNIER F.J., JOURNIAC N., LAVOUÉ S. & N. RABET, 2002. - Caractéristiques histologiques des marques de croissance squelettique chez l'Atipa, *Hoplosternum littorale* (Hancock, 1828) (Teleostei, Siluriformes), dans le marais de Kaw (Guyane française). *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 364: 49-69.

MEUNIER F.J., FERMON Y., JÉGU M. & P. KEITH, 2004. - Les piranhas et les kumaru : diversité et biologie. *In*: Piranhas enivrés, des Poissons et des Hommes en Guyane (Meunier F.J., coord.), pp. 35-41. Paris: SFI/RMN.

MOL J.H., 1996. - Reproductive seasonality and nest-site differentiation in three closely related armoured catfishes (Siluriformes, Callichthyidae). *Environ. Biol. Fish*, 45: 363-381.

OUHOUD-RENOUX F., 1998. - De l'outil de la prédation. Technologie culturelle et ethno-écologie chez les Wayãpi du haut Oyapock (Guyane française). Thèse de Doctorat, 455 p. Université Paris X.

PAGÉZY H. & M. JÉGU, 2002. - Valeur patrimoniale des Serrasalminae herbivores du Haut Maroni (Guyane française) : approches biologique et socioculturelle en pays Wayana. *Bull. Fr. Pêche Pisc.*, 364: 49-69.

PAGÉZY H. & M. JÉGU, 2004. - Le contexte de la pêche : techniques et saisons. *In*: Piranhas enivrés, des poissons et des hommes en Guyane (Meunier F.J., coord.), pp. 43-54. Paris: SFI/RMN.

PANFILI J., PONTUAL H. de, TROADEC H. & P.J. WRIGHT (coord.), 2002. - Manuel de Sclérochronologie des Poissons. 464 p. Brest: Ifremer-IRD eds.

PASCAL M., HOSTACHE G., TESSIER C. & P. VALLAT, 1994. - Cycle de reproduction et fécondité de l'atipa, *Hoplosternum littorale* (Siluriforme), en Guyane française. *Aquat. Liv. Resour.*, 7: 25-37.

PONTON D. & L. TITO DE MORAIS, 1997. - Les stratégies de reproduction et les premiers stades de vie des poissons du fleuve Sinnamary (Guyane française) : une revue bibliographique. *Rev. Hydrobiol. Trop.*, 27(4): 441-465 (1994).

TAUBIRA-DELANON C., 2000. - L'Or en Guyane. Eclats et artifices. Rapport à M. le Premier Ministre, 138 p.

Reçu le 12 décembre 2005.
Accepté pour publication le 26 mars 2007.